



## Guía docente 820773 - EMGE - Almacenamiento de Energía

Última modificación: 16/04/2024

**Unidad responsable:** Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Barcelona  
**Unidad que imparte:** 709 - DEE - Departamento de Ingeniería Eléctrica.

**Titulación:** MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA (Plan 2013). (Asignatura optativa).  
MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL (Plan 2014). (Asignatura optativa).  
MÁSTER UNIVERSITARIO EN SISTEMAS Y ACCIONAMIENTOS ELÉCTRICOS (Plan 2021). (Asignatura optativa).  
MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA (Plan 2022). (Asignatura optativa).

**Curso:** 2024      **Créditos ECTS:** 5.0      **Idiomas:** Catalán, Castellano, Inglés

### PROFESORADO

---

**Profesorado responsable:** FRANCISCO DÍAZ-GONZÁLEZ

**Otros:** FRANCISCO DÍAZ-GONZÁLEZ

### CAPACIDADES PREVIAS

---

Autoaprendizaje, cálculo matemático, herramientas de simulación.

### METODOLOGÍAS DOCENTES

---

Durante el desarrollo de la asignatura, se adoptarán las siguientes metodologías docentes:

- Clase magistral o conferencia (CM): exposición de conocimientos por parte del profesorado mediante clases magistrales o bien por personas externas mediante conferencias invitadas.
- Clases participativas (PART): resolución colectiva de ejercicios, realización de debates y dinámicas de grupo con el profesor o profesora y otros estudiantes en el aula: presentación en el aula de una actividad realizada de manera individual o en grupos reducidos.
- Proyecto, actividad o trabajo de alcance reducido (PR): aprendizaje basado en la realización individual de un trabajo de reducida complejidad o extensión, aplicando conocimientos y presentando resultados.
- Proyecto o trabajo de amplio alcance (PA): aprendizaje basado en el diseño, planificación y realización en grupo de un proyecto de amplia complejidad y extensión, aplicando y ampliando conocimientos y redactando una memoria donde se plasma el planteamiento del mismo, así como los resultados obtenidos y conclusiones.
- Prueba escrita de control de conocimientos (PECC).

## OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

### Objetivos

Adquirir los conocimientos básicos sobre los sistemas de almacenamiento de energía en redes eléctricas, poniendo énfasis en el almacenamiento electromecánico (volantes de inercia, instalaciones de bombeo de agua y de aire comprimido), eléctrico (supercondensadores y sistemas SMES), electroquímico (baterías) y químico (hidrógeno).

### Resultados

Al finalizar la asignatura, el/la estudiante:

- Ha de conocer las características principales de los diferentes sistemas de almacenamiento de energía que se pueden incluir en redes eléctricas.
- Ha de dominar las expresiones matemáticas de alto nivel para poder dimensionar un sistema de almacenamiento de energía según las demandas de energía en las redes eléctricas.
- Ha de conocer los mecanismos de gestión y supervisión de los sistemas de almacenamiento.
- Ha de avanzar en sus conocimientos de modelización y simulación de sistemas incluyendo almacenamiento, como es el caso de las redes eléctricas.
- Ha de disponer de los conocimientos, habilidades y elementos de análisis necesarios para plantear un proyecto, a escala de ingeniería básica o funcional, relacionado con la concepción, dimensionado y/o utilización de los sistemas de almacenamiento en redes eléctricas.
- Ha de ser capaz de proponer resultados transferibles mediante la elaboración de ideas innovadoras.

## HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTADO

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas grupo grande	30,0	24.00
Horas grupo pequeño	15,0	12.00
Horas aprendizaje autónomo	80,0	64.00

**Dedicación total:** 125 h

## CONTENIDOS

### Introducción a los sistemas eléctricos de potencia y a los mercados eléctricos

#### Descripción:

Breve introducción al funcionamiento de las redes eléctricas y sus mercados asociados, como paso previo para poder entender los servicios que el almacenamiento de energía puede proveer.

#### Objetivos específicos:

- Conocer los mecanismos para la activación de reservas de potencia en las redes eléctricas, a fin de asegurar el balance continuo entre generación y demanda.
- Entender los problemas que, desde el punto de vista de la operación del sistema eléctrico, provoca la conexión de sistemas de generación en base a energías renovables, en detrimento de otras tecnologías totalmente controlables.
- Conocer los mecanismos de mercado asociados a la activación de estas reservas de potencia.

#### Actividades vinculadas:

- La realización de una actividad breve (E1), individual y a entregar al profesor via email durante el curso.

#### Dedicación: 26h

Grupo grande/Teoría: 5h

Actividades dirigidas: 10h 10m

Aprendizaje autónomo: 10h 50m



### Tecnologías de almacenamiento de energía

**Descripción:**

Principios de funcionamiento, características, tipos de tecnologías que se pueden encontrar en el mercado, cálculos básicos de dimensionado, descripción de modelos para simulación y evaluación del comportamiento en régimen de operación.

**Objetivos específicos:**

Adquirir conocimientos sobre diversos sistemas de almacenamiento de energía.

**Actividades vinculadas:**

Trabajo de amplio alcance a realizar de forma individual o grupal (PA).

**Dedicación:** 52h

Grupo grande/Teoría: 10h

Actividades dirigidas: 20h 20m

Aprendizaje autónomo: 21h 40m

### Modelo de costes para sistemas de almacenamiento de energía

**Descripción:**

Desarrollo y aplicación de un modelo matemático para evaluar los costes de un sistema de almacenamiento de energía.

**Objetivos específicos:**

- Conocer cuales son los costes principales asociados a la instalación y operación de un sistema de almacenamiento.
- Adquirir los conocimientos para poder aplicar el modelo en un caso particular.

**Actividades vinculadas:**

Trabajo de amplio alcance realizado de forma individual o grupal (PA).

**Dedicación:** 11h

Grupo grande/Teoría: 2h

Actividades dirigidas: 4h

Aprendizaje autónomo: 5h

### Aplicaciones de los sistemas de almacenamiento de energía en redes eléctricas

**Descripción:**

Presentación de las aplicaciones que el almacenamiento de energía puede proveer en las redes eléctricas.

**Objetivos específicos:**

- Adquirir una visión general del potencial que el almacenamiento de energía para la modernización de los sistemas eléctricos.

**Actividades vinculadas:**

Trabajo de amplio alcance realizado de forma individual o grupal (PA).

**Dedicación:** 16h

Grupo grande/Teoría: 3h

Actividades dirigidas: 6h 30m

Aprendizaje autónomo: 6h 30m



### Regulación y modelos de negocio

**Descripción:**

Introducción a las barreras de tipo legislativo para la adopción de sistemas de almacenamiento de energía en las redes eléctricas. Definición de los modelos de negocio entorno a la explotación de estos sistemas de almacenamiento.

**Objetivos específicos:**

- Promover el carácter innovador de los estudiantes.

**Actividades vinculadas:**

Trabajo de amplio alcance realizado de forma individual o grupal (PA).

**Dedicación:** 10h

Grupo grande/Teoría: 2h

Actividades dirigidas: 4h

Aprendizaje autónomo: 4h

### Reciclaje y reservas naturales

**Descripción:**

Introducir el ámbito del reciclaje de baterías. Dar una visión general de las reservas naturales de materiales estratégicos para la fabricación de baterías.

**Actividades vinculadas:**

Trabajo de amplio alcance realizado de forma individual o grupal (PA).

**Dedicación:** 10h

Grupo grande/Teoría: 2h

Actividades dirigidas: 4h

Aprendizaje autónomo: 4h

## ACTIVIDADES

### Clases magistrales y conferencias (CM)

**Descripción:**

Conocer, comprender y sintetizar los conocimientos expuestos por el profesorado mediante clases magistrales o bien mediante conferencias (presencial).

**Dedicación:** 22h

Grupo grande/Teoría: 22h

### Presentaciones (PS)

**Descripción:**

Presentar en el aula una actividad realizada de manera individual o en grupos reducidos (PA).

**Dedicación:** 2h

Grupo grande/Teoría: 2h



#### Tutorías de trabajo teórico práctico dirigido (TD)

**Descripción:**

Avanzar en el proyecto de relativa extensión y alcance (PA) con la ayuda del profesor o profesora.

**Dedicación:** 10h

Grupo grande/Teoría: 10h

#### Trabajo de alcance reducido (PR)

**Descripción:**

Llevar a cabo individualmente un trabajo o trabajos cortos, aplicando conocimientos y presentando los resultados (no presencial).

**Dedicación:** 10h

Actividades dirigidas: 9h

Grupo grande/Teoría: 1h

#### Proyecto o trabajo de amplio alcance (PA)

**Descripción:**

Diseñar, planificar y llevar a cabo, bien individualmente o en grupo, un proyecto de relativa complejidad y extensión, aplicando los conocimientos ganados en el curso y redactando una memoria que presente los resultados obtenidos y conclusiones (no presencial).

**Dedicación:** 41h

Actividades dirigidas: 40h

Grupo grande/Teoría: 1h

#### Estudio autónomo (EA)

**Descripción:**

Estudiar o ampliar los contenidos de la materia de forma individual o en grupo, comprendiendo, asimilando, analizando y sintetizando conocimientos (no presencial).

**Dedicación:** 40h

Aprendizaje autónomo: 40h

## SISTEMA DE CALIFICACIÓN

Prueba escrita de control de conocimientos (PECC), 50%

Actividades de alcance reducido (PR), 15%

Proyecto individual o en grupo a lo largo del curso (PA), 35%



## **NORMAS PARA LA REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS.**

---

Para la prueba escrita final (PECC), sólo se podrá utilizar una calculadora. No se podrá utilizar ni formulario ni ningún otro material de apoyo. Las actividades de alcance reducido (PR), se tendrán que realizar individualmente y se deberán entregar mediante la plataforma Atenea en el término establecido. Estas actividades son ejercicios puntuales sobre un tema particular presentado en la asignatura. Finalmente, el proyecto de amplio alcance (PA), se podrá realizar individualmente o en grupo, y se deberá defender oralmente el último día de clase. La memoria de este proyecto se deberá presentar en formato electrónico al profesor.

ACERCA DEL EXAMEN DE REEVALUACIÓN: La reevaluación sólo es posible para los/las estudiantes que no aprueben la asignatura al final del curso (esto significa obtener una nota final de curso inferior a 5.0 puntos sobre una escala de 10.0 puntos). En caso de aprobar el examen de reevaluación, sea cual sea la nota obtenida, la nota final de la asignatura será de 5.0 puntos sobre una escala de 10 puntos.

## **BIBLIOGRAFÍA**

---

### **Básica:**

- Díaz-González, F. ; Sumper, A. ; Gomis-Bellmunt, O.. Energy Storage in Power Systems. Malaysia: John Wiley and Sons, 2016. ISBN 9781118971321.